

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 841**

21 Número de solicitud: 201500639

51 Int. Cl.:

**E02D 3/00** (2006.01)

**E02D 3/02** (2006.01)

**E02D 3/10** (2006.01)

12

## SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**01.09.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**08.03.2016**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (100.0%)**  
**Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n**  
**39005 Santander (Cantabria) ES**

72 Inventor/es:

**CASTRO GONZÁLEZ, Jorge**

54 Título: **Dispositivo y método de mejora de terreno blando**

57 Resumen:

Elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) configurado para introducir en terreno blando (38, 48, 58), y abierto al menos por su extremo inferior, tal que cuando dicho elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) se introduce en el terreno blando (38, 48, 58) su interior queda relleno de dicho terreno blando (38, 48, 58) existente, y que comprende una geored (11) de forma cilíndrica configurada para permitir la circulación de agua a su través; un geosintético (12) que cubre la superficie exterior de la geored (11) y que realiza una función de filtro, dejando pasar el agua pero no las partículas de terreno blando (38, 48, 58) existente; y al menos un geosintético (13) que cubre la superficie interior de la geored (11) y que realiza una doble función: por un lado deja pasar el agua pero no las partículas de terreno blando (38, 48, 58) -función filtro- y por otro lado dota al elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) de una rigidez radial —función resistencia—. Un método de mejora de terreno blando (38, 48, 58), utilizando el elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) definido.

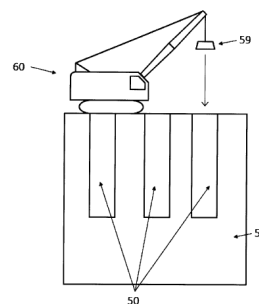


FIGURA 5

## DESCRIPCIÓN

# DISPOSITIVO Y MÉTODO DE MEJORA DE TERRENO BLANDO

## CAMPO DE LA INVENCION

5

La presente invención pertenece al campo de la Ingeniería del Terreno, Geotecnia y Cimentaciones, y más concretamente, al de las técnicas de Mejora del Terreno.

## ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10

Cualquier tipo de estructura (edificación, obra civil, etc.) debe apoyarse o cimentarse en el terreno, por lo que la resistencia y deformabilidad del terreno deben de garantizar que la cimentación sea estable y que las deformaciones sean admisibles. Cuando las características del terreno no son las adecuadas se debe recurrir a una cimentación profunda tradicional o a mejorar el terreno.

15

Las cimentaciones profundas tradicionales se realizan mediante pilotes, y tienen casi siempre un coste considerablemente más elevado que el de las técnicas de mejora del terreno (*Wissman, K.J., Fox, N.S., y Martin, J.P. 2000. Rammed aggregate piers defeat 75 foot long driven piles. Performance confirmation of constructed geotechnical facilities, Geotechnical Special Publication, Vol. 94, ASCE, Reston, VA, 198-210*). Además, las técnicas de mejora del terreno son de forma general más respetuosas con el medio ambiente, debido a que requieren un menor uso de materiales constructivos como el acero o el hormigón (*Rujikiatkamjorn, C. e Indraratna, B. 2014. Environmental sustainability of soft soil improvement via vacuum and surcharge preloading. GEO-Congress 2014: Geo-Characterisation and Modeling for Sustainability (pp. 3658-3665). (United States: ASCE o Egan, D. y Slocombe B.C. 2010. Demonstrating environmental benefits of ground improvement. Proc. ICE – Ground Improvement 163 (1):63-69*). Así, estos condicionantes económicos y ambientales están provocando que las técnicas de mejora del terreno

20

25

30

sean cada vez más populares.

Estas técnicas son abundantes y diversas. Su objetivo es mejorar las propiedades (por ejemplo, resistencia, rigidez y/o permeabilidad) del terreno que se va a utilizar como cimentación de una estructura (terraplén, relleno, edificación, puente...). Entre ellas, se encuadran técnicas de uso esporádico, como por ejemplo, la congelación del terreno, y técnicas más comunes y de amplia utilización como la precarga o sobrecarga del terreno, el uso de drenes verticales, las columnas de grava o la compactación dinámica.

La técnica de congelación del terreno consiste literalmente en congelar el terreno para incrementar su resistencia. Este incremento de resistencia es debido a la transformación del agua que se encuentra entre los poros del terreno en hielo. La técnica habitual de congelación del terreno consiste en hacer circular nitrógeno líquido por el mismo. Sin embargo, su coste es muy elevado y sólo se usa en circunstancias muy particulares.

La precarga o sobrecarga del terreno es una de las técnicas de mejora del terreno más comunes. Está técnica consiste en aplicar una carga mayor de la carga a la que finalmente va a estar sometida el terreno, una vez se construya la estructura a cimentar. Es decir, con esta técnica el terreno queda sobreconsolidado, aumentando su resistencia y reduciendo las deformaciones que sufrirá al cimentar la futura estructura. La sobreconsolidación del terreno se cuantifica a través de la razón de sobreconsolidación (RSC), que se define como el cociente entre la tensión efectiva máxima a la que ha estado sometido el terreno en toda su historia entre la tensión efectiva que tiene actualmente. Así, su valor siempre es igual o superior a 1. La sobreconsolidación del terreno puede entenderse como que el terreno se “acostumbra” a un valor de carga mayor, siendo por lo tanto positivo incrementar el valor de la RSC.

Los terrenos finos sobre los que se suele aplicar esta técnica de mejora no se

deforman instantáneamente al aplicar la carga, sino que sufren un proceso de deformación diferida con el tiempo que se denomina consolidación. Este proceso consiste en la deformación debido a la expulsión de parte del agua que ocupa los huecos entre las partículas o granos de suelo. Esta expulsión no es instantánea ya que se requiere un cierto tiempo para que el agua circule a lo largo del suelo y alcance un contorno drenante. Así, el tiempo de consolidación depende del camino de drenaje.

La técnica de precarga o sobrecarga presenta el inconveniente del tiempo de consolidación del terreno el cual, en muchas ocasiones, no es compatible con el tiempo de ejecución de la estructura.

Para acelerar la producción de asientos y reducir el tiempo de espera con sobrecargas o precargas, se suelen utilizar drenes verticales. Estos drenes verticales constituyen contornos drenantes que reducen el camino de drenaje del agua, acelerando la consolidación. En la actualidad, los drenes verticales son generalmente prefabricados de forma plana y constan de una geored que crea unos canales huecos por los que puede circular el agua, y están rodeados de un geotextil que realiza una función de filtro, es decir, deja pasar el agua pero no las partículas de suelo.

Sin embargo, ésta última técnica, aun acelerando la consolidación del terreno, no considera la inclusión de elementos resistentes que permitan reforzar el terreno para mejorar directamente la estabilidad y capacidad portante del mismo. Para ello, se suele recurrir a soluciones tipo columna de grava o columna de grava encapsulada con geotextil.

La técnica de mejora mediante columnas de grava, también denominada vibrosustitución o vibrodesplazamiento por la forma constructiva, consiste en realizar perforaciones verticales en el terreno a mejorar que se rellenan con grava compactada. Una ventaja de esta técnica respecto a los drenes verticales prefabricados es que no solo actúa como dren vertical acelerando la consolidación del terreno fino, sino que además refuerza el terreno debido a que se introduce un terreno

de mejores características como es la grava. De esta forma, no sólo se aceleran los asientos, sino que además se reduce su valor total y se incrementa de forma directa la resistencia del terreno. Existen algunas variantes de esta técnica, como la presentada en la patente EP 1157169 B1 (Geopiers) donde se hace especial énfasis a la compactación de la grava mediante golpeo (“tampered or rammed columns”). No obstante, no existen evidencias experimentales que demuestren que esta técnica de compactación de la grava mediante golpeo produce una mayor mejora que las columnas de grava convencionales construidas por vibrosustitución o vibrodesplazamiento (*Stuedlein A.W. y Holtz, R.D. Analysis of Footing Load Test son Aggregate Pier Reinforced Clay. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 138(9):1091-1103*). Otra variante similar se recoge en la patente EP 1273713 B1, que a su vez presenta otra variante (EP 1609914 A1) con la inclusión de elementos de refuerzo (barras, anillos o placas de acero de refuerzo). La inclusión de elementos de refuerzo sí que mejora el comportamiento de las columnas pero también incrementa su coste y dificulta su ejecución.

En cualquier caso, en terrenos muy blandos, las columnas de grava no tienen el suficiente confinamiento lateral como para funcionar adecuadamente. Por ello, existen modificaciones consistentes en añadir cemento a la grava (columnas de módulo controlado: *Keller. Inclusiones Rígidas CSC®. Catálogo 35-02 ES*) o confinar lateralmente las columnas con un geosintético, generalmente un geotextil (columnas encapsuladas o confinadas lateralmente con geotextil). Por ejemplo, la empresa Huesker utiliza el geotextil denominado Ringtrac® para confinar las columnas lateralmente. El efecto del encapsulamiento o confinamiento lateral es un efecto tipo “corsé” que evita que la columna se expanda radialmente y falle. En concreto, Babu et al. (*A Critical Review of Construction, Analysis and Behaviour of Stone Columns. February 2013, Volume 31, Issue 1, pp 1-22*) recoge el estado del arte sobre las columnas de grava, en donde se explican además las columnas ensacadas y nuevas variaciones como las columnas reforzadas internamente o las columnas con algún elemento ligante, como por ejemplo cemento (columnas de módulo controlado, CMS). También Jie Han (“*Recent research and development of*

*ground column technologies*”) recoge el estado del arte de las columnas de grava y técnicas derivadas de la misma.

En algunos casos se utilizan geomallas (“enrejado de plástico”) en lugar de geotextiles (tela permeable y flexible de fibras sintéticas, generalmente polipropileno y poliéster), el inconveniente es que en esos casos no se suele tener la membrana cilíndrica hueca directamente y es necesario pegar o soldar las geomallas. Gniel y Bouazza (2009) proponen que no es necesario soldar sino que es suficiente con que exista solape (*“Construction of geogrid encased stone columns: A new proposal based on laboratory testing”*). Además, otros nuevos desarrollos apuestan por el uso del material de las botellas de plástico para encapsular las columnas de grava en lugar de utilizar geotextiles (Dutta S, Mandal JN. 2013. *Feasibility Study on Waste Plastic Water Bottles as Encasements of Stone Columns for Ground Improvement. In Design and Practice of Geosynthetic-Reinforced Soil Structures: (H.I Ling, G Gottardi, D. Cazzuffi, J. Han, F. Tatsuoka (eds.)), Destech Publications, 14-16 October 2013, Bologna. pp. 379-388*).

Sin embargo, uno de los principales problemas constructivos de las columnas de grava es la necesidad de aportar grandes volúmenes de grava. Por ello, actualmente se trata de buscar soluciones o técnicas alternativas. Una de estas soluciones es utilizar hormigón reciclado u otros materiales reciclados para realizar (“rellenar”) las columnas de grava o las columnas de grava encapsuladas.

En este sentido, existen diversas publicaciones científicas sobre el uso de materiales reciclados para el uso en columnas de grava:

- Jefferson I, Gaterell M, Thomas AM, Serridge CJ. 2010. *Proceedings of the ICE – Ground Improvement, Volume 163, Issue 1, 71-77.*
- Serridge CS. 2005. *Achieving sustainability in vibro stone column techniques. Proceedings of the ICE - Engineering Sustainability, Volume 158, Issue 4, 211-222.*

- Serridge CS, Sarsby RW. 2010. *Assessment of the use of recycled aggregates in vibro-stone column ground improvement techniques*. In *Construction for a Sustainable Environment* (Sarsby & Meggyes (eds). Taylor and Francis Group, London. pp 75 – 89.
- Joe Persichetti, EIT. Hayward Baker Inc. Sustainability Seminar. Hollywood, CA. October 12, 2010. *Recycled Concrete as Vibro Stone Column Backfill*.

No obstante, el uso de materiales reciclados no siempre es posible o económicamente viable, ya que el coste de estos materiales también puede ser elevado, pueden no estar disponibles o contener sustancias indeseables o contaminantes que no permitan su uso.

Otra alternativa a la utilización de cargas estáticas (precarga o sobrecarga), es aplicar cargas dinámicas, como por ejemplo se realiza en la compactación dinámica. La compactación dinámica se utiliza en suelos fundamentalmente granulares y rellenos heterogéneos. Una descripción detalla de esta técnica se puede encontrar en Lukas RG. 1995. *Dynamic Compaction – Geotechnical Engineering Circular No. 1*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington D.C., FHWA-SA-95-037. Consiste en la densificación del terreno, es decir, la reducción del volumen de huecos, que mejora sus propiedades mecánicas (rigidez y resistencia). La densificación se consigue mediante el golpeo o impacto del terreno desde la superficie del mismo, dejando caer una maza o peso desde una altura determinada. Estos impactos se pueden realizar de forma repetida y se suelen ejecutar en una malla de puntos uniformemente repartida en la superficie del terreno a mejorar. Esta técnica fue inventada y desarrollada por Louis Menard (US 3898844 A). Algunas técnicas de mejora del terreno que usan conceptos similares son: US 1650827 A, US 5244311 A y EP 1375753 A2. También, existente patentes sobre el equipo utilizado para aplicar estos impactos (US 4580765 A, US 3067657 A).

Sin embargo, la compactación dinámica no es efectiva en terrenos finos (arcillosos

y/o limosos) ya que su baja permeabilidad imposibilita la disipación de presiones intersticiales generada por los impactos en superficie. Así, para mejorar terrenos finos se suele añadir grava en el cráter generado por los impactos, formando una columna de grava de escasa longitud. Esta técnica se denomina sustitución dinámica y, de forma similar a las columnas de grava, presenta el inconveniente del consumo de grava que es necesario y el coste asociado. Por otra parte, existen algunas experiencias en terrenos finos en las que la compactación dinámica se ha utilizado de forma combinada con drenes prefabricados o columnas de grava (*Shenthan T, Nashed R, Thevanayagam S, Martin GR. 2004. Liquefaction mitigation in silty soils using composite stone columns and dynamic compaction. J Earthquake Eng 3(1): 205-220*). El uso combinado con columnas de grava sigue presentando el inconveniente del consumo de grava y consecuentemente aumenta el coste notablemente. La compactación dinámica combinada con drenes prefabricados mejora ligeramente los resultados logrados al golpear un terreno fino sin incluir ningún elemento adicional (compactación dinámica tradicional), en el sentido de que se consigue incrementar la razón de sobreconsolidación del terreno, ya que el dren prefabricado permite acelerar la expulsión de agua del terreno. No obstante, el incremento producido no es importante.

## RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un elemento hueco y un método de mejora del terreno gracias a dichos elementos huecos y a una sobrecarga puntual, el cual engloba gran parte de las ventajas de las técnicas de columna de grava descritas anteriormente (acelera la consolidación y refuerza el terreno), y además evita el consumo de grava.

Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un elemento hueco configurado para introducir en terreno blando, y abierto al menos por su extremo inferior, tal que cuando dicho elemento hueco se introduce en el terreno



blando su interior queda relleno de dicho terreno blando existente, y que comprende una geored de forma cilíndrica configurada para permitir la circulación de agua a su través; un geosintético que cubre la superficie exterior de la geored y que realiza una función de filtro, dejando pasar el agua pero no las partículas de terreno blando existente; y al menos un geosintético que cubre la superficie interior de la geored y que realiza una doble función: por un lado deja pasar el agua pero no las partículas de terreno blando –función filtro- y por otro lado dota al elemento hueco de una rigidez radial –función resistencia-.

En una posible realización, el geosintético que cubre la superficie exterior de la geored es un geotextil.

En una posible realización, la superficie interior de la geored es cubierta por un único geosintético que realiza la doble función de filtro y de resistencia. Alternativamente, la superficie interior de la geored es cubierta por dos geosintéticos tal que ambos forman un geocompuesto, y tal que uno de los geosintéticos, preferentemente un geotextil, realiza la función de filtro, y el geosintético restante, preferentemente una geomalla, realiza la función de resistencia.

En una posible realización, el al menos un geosintético que cubre la superficie interior de la geored y que realiza la función de resistencia impidiendo que el elemento hueco se deforme radialmente, presenta una rigidez en la dirección circunferencial de al menos 1000 kN/m.

En una posible realización, el elemento hueco presenta un espesor cuyo orden está comprendido entre aproximadamente 5 milímetros y 10 centímetros, un radio cuyo orden está comprendido entre aproximadamente 10 centímetros y 5 metros, y una longitud cuyo rango está comprendido entre aproximadamente 2 y 10 metros.

En otro aspecto de la invención, se proporciona un método de mejora de terreno blando, utilizando el elemento hueco definido anteriormente. El método comprende las etapas de:

- 5           - introducir en el terreno blando al menos un elemento hueco desde la superficie, tal que el eje longitudinal de cada elemento hueco permanece en posición sustancialmente vertical, y tal que al introducir el elemento en el terreno blando y al ser hueco por al menos el extremo inferior, su interior queda relleno de terreno blando existente, confinando así lateralmente la columna de suelo blando existente.
- 10          - realizar una sobrecarga puntual, tal que dicha sobrecarga está únicamente localizada sobre el terreno blando situado en el interior del elemento hueco, mejorando así las características de dicha columna de terreno blando existente.

En una posible realización, la introducción de los elementos huecos en el terreno blando se realiza por hincas o desplazamiento, y por medio de cilindros huecos de doble pared, comprendiendo además el método las etapas de:

- 15           - como paso previo a introducir en el terreno blando el al menos un elemento hueco, situar el elemento hueco entre las paredes de un cilindro hueco de doble pared;
- 20           - a continuación, en la parte inferior del cilindro hueco, y unida al elemento hueco, situar una chapa configurada para anclar el elemento hueco a la profundidad deseada;
- introducir en el terreno blando los elementos huecos, por medio de los cilindros huecos de doble pared, y una vez que el conjunto cilindro y elemento hueco se hincan en el terreno blando, extraer el cilindro, tal que el elemento hueco permanece
- 25           colocado en el terreno blando, y anclado en la parte inferior por la chapa.

En una posible realización, dicha chapa es metálica y con forma de anillo.

En una posible realización, para realizar esta sobrecarga puntual localizada, se deja caer desde una altura determinada al menos un elemento pesado sobre cada columna de terreno blando existente rodeada o encapsulada por cada elemento hueco, tal que se

aplica una cierta energía al terreno blando que lo consolida y sobrecarga. En una posible realización, dicho elemento pesado es una maza y se utiliza una grúa para izar dicha maza y dejarla caer.

5 Alternativamente, se introducen en el terreno blando una pluralidad de elementos huecos y para realizar esta sobrecarga puntual localizada, se utilizan elementos modulares con una disposición tal que se apoyan únicamente sobre la superficie de las columnas de terreno blando existente rodeadas o encapsuladas por los elementos huecos, y tal que forman una superficie sobre la que colocar un peso que constituye la  
10 precarga o sobrecarga. En una posible realización, dichos elementos modulares son de plástico y dicho peso es un suelo como material de relleno. Además, y en el caso de utilizar elementos modulares, el método comprende las etapas de:

- esperar el tiempo suficiente hasta la consolidación del terreno blando;
- 15 - eliminar la sobrecarga.

## **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para  
20 complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

La figura 1 muestra un esquema de un corte transversal del elemento hueco, de  
25 acuerdo con una realización de la invención.

La figura 2 muestra un diagrama de la introducción del elemento hueco en el cilindro de doble pared, de acuerdo con una realización de la invención.

30 La figura 3 muestra un diagrama de la introducción y extracción del cilindro de doble

pared en el terreno, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 4 muestra una perspectiva en alzado y en otra perspectiva en planta, de una sobrecarga puntual estática del terreno, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 5 muestra una sobrecarga puntual dinámica del terreno, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 6 muestra la razón de sobreconsolidación bajo el eje de la superficie golpeada, para diferentes métodos de mejora del terreno considerados.

## **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

En este texto, el término “comprende” y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

Además, los términos “aproximadamente”, “sustancialmente”, “alrededor de”, “unos”, etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir con total exactitud.

Los terrenos se clasifican en rocas o suelos, pudiendo ser estos últimos gruesos o finos. Los suelos finos, principalmente arcillosos y/o limosos, se clasifican a su vez en duros y blandos. En el contexto de la presente invención se entiende por suelos o terrenos, aquellos suelos o terrenos finos y de escasa capacidad portante, es decir blandos.

Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se

pretende que sean limitativas de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

A continuación se describe el elemento hueco y el método de mejora del terreno mediante dichos elementos huecos y sobrecarga puntual, el cual engloba gran parte de las ventajas de las técnicas de columna de grava descritas anteriormente (acelera la consolidación y refuerza el terreno), y además evita el consumo de grava.

En primer lugar, y opcionalmente, se prepara la superficie del terreno. Esta preparación puede implicar la necesidad de excavar el terreno para conseguir una superficie horizontal, desbroce de la vegetación, eliminación de tierra vegetal (capa vegetal), etc. En algunos casos extremos, de suelos extremadamente finos, en los que no se puede garantizar un adecuado acceso de la maquinaria, puede ser necesario realizar algún tratamiento superficial, como por ejemplo realizar una costra de suelo-cemento.

A continuación se introduce en el terreno al menos un elemento hueco de forma cilíndrica, y abierto al menos por su extremo inferior, tal que el eje longitudinal de cada elemento hueco se sitúa en posición sustancialmente vertical en el terreno. Por lo tanto, al introducir el elemento en el terreno y al ser hueco por al menos el extremo inferior, su interior queda relleno de terreno existente de tal forma que dicho elemento hueco confina lateralmente la columna de suelo existente.

La composición del elemento hueco es novedosa, al no estar dicho elemento hueco comprendido en el estado de la técnica. En concreto, y como se muestra en la figura 1, cada elemento hueco 10 comprende: una geored 11 de forma cilíndrica configurada para permitir la circulación de agua a su través; un geosintético 12, preferentemente un geotextil, que cubre la superficie exterior de la geored 11 y que

realiza una función de filtro, es decir, deja pasar el agua pero no las partículas de terreno existente, consiguiendo así el drenaje y la consolidación del terreno; y al menos un geosintético 13 que cubre la superficie interior de la geored 11 y que realiza una doble función: por un lado deja pasar el agua pero no las partículas de suelo fino (función filtro) y por otro lado dota al elemento hueco 10 de una rigidez radial (función resistencia).

En una posible realización, la superficie interior de la geored es cubierta por un único geosintético que realiza la doble función de filtro y de resistencia. En otra posible realización, la superficie interior de la geored es cubierta por dos geosintéticos diferentes tal que ambos forman un geocompuesto. En este caso, uno de los geosintéticos, preferentemente un geotextil, realiza la función de filtro y el geosintético restante, preferentemente una geomalla, realiza la función de resistencia.

Además, el geosintético que cubre la superficie interior de la geored y que realiza esta función de resistencia impidiendo que el elemento hueco se deforme radialmente, presenta una elevada rigidez en la dirección circunferencial (preferentemente,  $J_g > 1000 \text{ kN/m}$ ) para confinar correctamente la columna de terreno, minimizando la expansión radial de la membrana, y por tanto los asentos del terreno en superficie.

Este elemento hueco 10 tiene un espesor cuyo orden está comprendido entre aproximadamente 5 milímetros y 10 centímetros, un radio cuyo orden está comprendido entre aproximadamente 10 centímetros y 5 metros, y una longitud cuyo rango está comprendido entre aproximadamente 2 y 10 metros.

La introducción del elemento hueco en el terreno se realiza desde la superficie y, preferentemente, por hincas o desplazamiento del terreno, sin necesidad de excavar el mismo. En una posible realización, como se muestra en la figura 2, para realizar la hincas o desplazamiento del terreno se utiliza un cilindro 24 hueco de doble pared, entre cuyas paredes se sitúa el elemento hueco 20 descrito anteriormente. Además, en

la parte inferior del cilindro 24 y unida al elemento hueco 20 se sitúa una chapa 25, preferentemente metálica y con forma de anillo, configurada para anclar el elemento hueco 20 a la profundidad deseada. Un experto en la materia entenderá que una vez que el conjunto cilindro 24 y elemento hueco 20 se hince en el terreno, a continuación es posible extraer ("recuperar") el cilindro 24, de tal forma que el elemento hueco 20 permanece colocado en el terreno, y anclado en la parte inferior por la chapa 25 anular. La figura 3 muestra un diagrama de la introducción del cilindro 34 de doble pared en el terreno blando 38, entre cuyas paredes se sitúa el elemento hueco 30, y con la chapa 35 situada en la parte inferior del cilindro 34 y unida al elemento hueco 30. Además, la figura 3 muestra la extracción del cilindro 34 una vez alcanzada la profundidad deseada, de tal forma que el elemento hueco 30 permanece colocado en el terreno blando 38, y anclado en la parte inferior por la chapa 35.

A continuación, y para mejorar las características de la columna de terreno existente que permanece en el interior del elemento hueco, se realiza una sobrecarga puntual, localizada sobre el terreno situado en el interior del elemento hueco.

Preferentemente, y como se muestra en la figura 5, para realizar esta sobrecarga puntual localizada se deja caer desde una altura determinada al menos un elemento pesado 59, como por ejemplo una maza, sobre cada columna 50 de terreno blando 58 existente rodeada o encapsulada por cada elemento hueco descrito anteriormente, tal que se aplica una cierta energía al terreno blando 58 que lo consolida y sobrecarga. En una posible realización, se utiliza una grúa 60 para izar el elemento pesado 59 y dejarlo caer. Un experto en la materia entenderá que estos impactos del elemento pesado 59 en el terreno blando 58 se pueden realizar repetidamente, y que la huella que deja el elemento pesado 59 en el terreno blando 58 debe coincidir aproximadamente con el terreno circundado por cada elemento hueco. En esta realización, la sobrecarga es dinámica.

Un experto en la materia entenderá que en este caso, la invención se puede considerar

como una mejora de la eficiencia en la técnica de compactación dinámica en terrenos finos ya que se introduce un elemento cilíndrico que confina lateralmente el terreno y permite su rápida consolidación durante el impacto o golpeo desde la superficie. Además, con el método de la invención se reducen costes con respecto a la sustitución dinámica, ya que el aporte de grava es reemplazado por el elemento hueco.

En otra posible realización, para realizar esta sobrecarga puntual localizada se utilizan elementos modulares, preferentemente de plástico, que permitan una rápida colocación y eliminación y que formen una superficie, sobre la que colocar un peso que constituye la sobrecarga, preferentemente un suelo como material de relleno. En esta realización, la sobrecarga es estática. Un experto en la materia entenderá, que en este caso, y para la utilización de los elementos modulares, es necesario la utilización de una pluralidad de elementos huecos.

El objetivo de los elementos modulares es transformar una sobrecarga uniforme, como por ejemplo un relleno de suelo ejecutado directamente sobre la superficie del terreno, en una sobrecarga puntual que actúe únicamente sobre las columnas de terreno a sobrecargar. Para ello, dichos elementos modulares deben presentar una disposición tal que únicamente se apoyen sobre la superficie de las columnas de terreno existentes, rodeadas o encapsuladas por los elementos huecos descritos anteriormente.

Por ejemplo, en una posible realización, y como se muestra en la figura 4 en una perspectiva en alzado y en otra perspectiva en planta, los elementos huecos se disponen en el terreno blando 48 formando una malla cuadrada, y cada elemento modular 46 comprende cuatro apoyos, tal que cada apoyo se sitúa únicamente sobre  $\frac{1}{4}$  de la columna de terreno blando 48 existente. De esta forma, sobre cada columna 40 de terreno blando 48 existente se apoyan cuatro apoyos pertenecientes a cuatro elementos modulares 46 diferentes. Además, cada elemento modular 46 presenta una forma abovedada sobre la que colocar el peso 47 que constituye la sobrecarga. En esta posible realización, los extremos de la bóveda y/o los apoyos presentan unos



salientes, tal que permiten una conexión rápida y continua de los elementos modulares 46. Un experto en la materia entenderá que existen tantos elementos modulares 46 como columnas de terreno blando 48 existente, rodeadas y encapsuladas por el elemento hueco. Posteriormente se coloca un material de relleno o sobrecarga sobre los elementos modulares (figura 4, referencia 47).

Además, un experto en la materia entenderá que los elementos modulares deben estar diseñados y tener un espesor tal que permita soportar las cargas aplicadas sobre los mismos, y que sus dimensiones son función de las características de los elementos huecos. Además, su altura puede ser variable y está condicionada por un diseño óptimo del elemento estructural que soporte las cargas, pudiendo variar entre aproximadamente 0.2 metros y 3 metros.

El siguiente paso del método, y en el caso de haber utilizado una sobrecarga estática, es esperar el tiempo suficiente hasta que se produzca la consolidación del terreno. Este tiempo de espera puede variar entre unas horas y unos meses, y en general, no debiera de exceder los 3-5 meses. A continuación, una vez finalizado el tiempo de espera, se procede a la eliminación de la sobrecarga. En este momento, es posible recuperar los elementos modulares utilizados, los cuales podrán reutilizarse, incluso dentro de la misma obra.

Finalmente, se ejecuta la estructura que se pretende cimentar.

El método de la invención permite mejorar el terreno simplemente con la inclusión de elementos huecos, y la realización de una sobrecarga puntual, evitando el consumo de grava u otros materiales necesarios en las técnicas tipo columna, descritas en el estado de la técnica, lo que supone un abaratamiento en el proceso constructivo.

Además, la eliminación de grava implica que no sea necesario hacer un hueco en el terreno para introducir la misma, y por tanto que el proceso constructivo sea más

rápido y más cómodo. La doble función que realiza la grava (elemento drenante y refuerzo del terreno) en las técnicas tipo columna, es sustituido en el método de la invención por el geosintético, preferentemente una geored, (función elemento drenante) y por la sobrecarga y el al menos un geosintético de encapsulamiento radial (función de refuerzo del terreno).

### **Ejemplo**

Se presentan a continuación los resultados de simulaciones numéricas que demuestran la viabilidad técnica y la ventaja competitiva del método de mejora del terreno propuesto frente a otros métodos existentes, tomando a modo de ejemplo y sin que ello sea excluyente una de las realizaciones preferentes. En particular, se ha empleado el caso en el que la aplicación de la sobrecarga puntual se realiza de forma dinámica mediante golpeo. Para simplificar las simulaciones numéricas, se ha simulado únicamente un golpeo en un punto, aunque sea habitual que se golpee repetidamente y en varios puntos.

Para simular el golpeo, se ha supuesto una carga dinámica con extensión circular de 60 cm de diámetro y con una distribución en el tiempo de onda armónica con una frecuencia de 20 Hz. Para modelar un golpe, se considera la mitad de una onda (180°). La amplitud de la carga dinámica se ha calibrado para que la huella que deja el golpeo en el terreno sea de 4 cm en cada uno de los casos analizados. Para simular el terreno blando existente, se han tomado valores realistas habituales.

Para el método de mejora propuesto, se ha considerado un elemento hueco de 5 m de longitud, 60 cm de diámetro y una rigidez circunferencial de  $J_g=5000 \text{ kN/m}$ .

La figura 6 muestra los resultados obtenidos: la razón de sobreconsolidación bajo el eje de la superficie golpeada para diferentes métodos de mejora del terreno considerados. La razón de sobreconsolidación inicial del terreno era 1 en toda la profundidad. Para los drenes prefabricados y columnas de grava se han considerado

configuraciones y parámetros habituales.

Los resultados reflejan que el método propuesto es el único que consigue incrementar notablemente la RSC del terreno, especialmente a partir de 3 m de profundidad. La compactación dinámica por si sola o con drenes verticales incrementa de forma despreciable la RSC excepto en la superficie. La compactación dinámica con columnas de grava logra mejores resultados pero inferiores a los conseguidos con el método propuesto. Para el caso de columnas de grava, cabe mencionar que se produce una mejora importante al introducir grava, cosa que no ocurre con el método propuesto. La mejora al introducir la grava no se cuantifica en el gráfico mostrado pero también provoca un incremento de coste muy notable.

## REIVINDICACIONES

1. Elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) configurado para introducir en terreno blando (38, 48, 58), y abierto al menos por su extremo inferior, tal que cuando dicho elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) se introduce en el terreno blando (38, 48, 58) su interior queda relleno de dicho terreno blando (38, 48, 58) existente, y caracterizado por que comprende una geored (11) de forma cilíndrica configurada para permitir la circulación de agua a su través; un geosintético (12) que cubre la superficie exterior de la geored (11) y que realiza una función de filtro, dejando pasar el agua pero no las partículas de terreno blando (38, 48, 58) existente; y al menos un geosintético (13) que cubre la superficie interior de la geored (11) y que realiza una doble función: por un lado deja pasar el agua pero no las partículas de terreno blando (38, 48, 58) – función filtro- y por otro lado dota al elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) de una rigidez radial –función resistencia-.

2. El elemento hueco de la reivindicación 1, donde el geosintético (12) que cubre la superficie exterior de la geored (11) es un geotextil.

3. El elemento hueco de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la superficie interior de la geored (11) es cubierta por un único geosintético (13) que realiza la doble función de filtro y de resistencia.

4. El elemento hueco de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, donde la superficie interior de la geored (11) es cubierta por dos geosintéticos (13) tal que ambos forman un geocompuesto, y tal que uno de los geosintéticos realiza la función de filtro, y el geosintético restante realiza la función de resistencia.

5. El elemento hueco de la reivindicación 4, donde el geosintético que realiza la función de filtro es un geotextil, y el geosintético que realiza la función de resistencia es una geomalla.

6. El elemento hueco de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el al menos un geosintético (13) que cubre la superficie interior de la geored (11) y que realiza la función de resistencia impidiendo que el elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) se deforme radialmente, presenta una rigidez en la dirección circunferencial de al menos 1000 kN/m.

7. El elemento hueco de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que presenta un espesor cuyo orden está comprendido entre aproximadamente 5 milímetros y 10 centímetros, un radio cuyo orden está comprendido entre aproximadamente 10 centímetros y 5 metros, y una longitud cuyo rango está comprendido entre aproximadamente 2 y 10 metros.

8. Método de mejora de terreno blando (38, 48, 58), utilizando el elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende las etapas de:

- introducir en el terreno blando (38, 48, 58) al menos un elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) desde la superficie, tal que el eje longitudinal de cada elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) permanece en posición sustancialmente vertical, y tal que al introducir el elemento en el terreno blando (38, 48, 58) y al ser hueco por al menos el extremo inferior, su interior queda relleno de terreno blando (38, 48, 58) existente, confinando así lateralmente la columna de suelo blando existente.

- realizar una sobrecarga puntual, tal que dicha sobrecarga está únicamente localizada sobre el terreno blando (38, 48, 58) situado en el interior del elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50), mejorando así las características de dicha columna de terreno blando (38, 48, 58) existente.

9. Método de la reivindicación 8, donde la introducción de los elementos huecos (10, 20, 30, 40, 50) en el terreno blando (38, 48, 58) se realiza por hincado o desplazamiento, y por medio de cilindros huecos (24, 34) de doble pared, comprendiendo las etapas de:

- como paso previo a introducir en el terreno blando (38, 48, 58) el al menos un elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50), situar el elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) entre las paredes de un cilindro hueco (24, 34) de doble pared;

- a continuación, en la parte inferior del cilindro hueco (24, 34), y unida al elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50), situar una chapa (25, 35) configurada para anclar el elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) a la profundidad deseada;

-introducir en el terreno blando (38, 48, 58) los elementos huecos (10, 20, 30, 40, 50), por medio de los cilindros huecos (24, 34) de doble pared, y una vez que el conjunto cilindro (24, 34) y elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) se hince en el terreno blando (38, 48, 58), extraer el cilindro (24, 34), tal que el elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50) permanece colocado en el terreno blando (38, 48, 58), y anclado en la parte inferior por la chapa (25, 35).

10. Método de la reivindicación 9, donde dicha chapa (25, 35) es metálica y con forma de anillo.

11. Método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, donde para realizar esta sobrecarga puntual localizada, se deja caer desde una altura determinada al menos un elemento pesado (59) sobre cada columna (50) de terreno blando (38, 48, 58) existente rodeada o encapsulada por cada elemento hueco (10, 20, 30, 40, 50), tal que se aplica una cierta energía al terreno blando (38, 48, 58) que lo consolida y sobrecarga.

12. Método de la reivindicación 11, donde dicho elemento pesado (59) es una maza y donde se utiliza una grúa (60) para izar dicha maza y dejarla caer.

13. Método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, donde se introducen en el terreno blando (38, 48, 58) una pluralidad de elementos huecos (10, 20, 30, 40, 50) y donde para realizar esta sobrecarga puntual localizada, se utilizan elementos modulares (46) con una disposición tal que se apoyan únicamente sobre la superficie de las columnas de terreno blando (38, 48, 58) existente rodeadas o encapsuladas por los elementos huecos (10, 20, 30, 40, 50), y tal que forman una superficie sobre la que

colocar un peso (47) que constituye la sobrecarga.

14. Método de la reivindicación 13, donde dichos elementos modulares (46) son de plástico y donde dicho peso (47) es un suelo como material de relleno.

5

15. Método de las reivindicaciones 13 a 14, que comprende además las etapas de:

- esperar el tiempo suficiente hasta la consolidación del terreno blando (38, 48, 58);
- eliminar la sobrecarga.

10

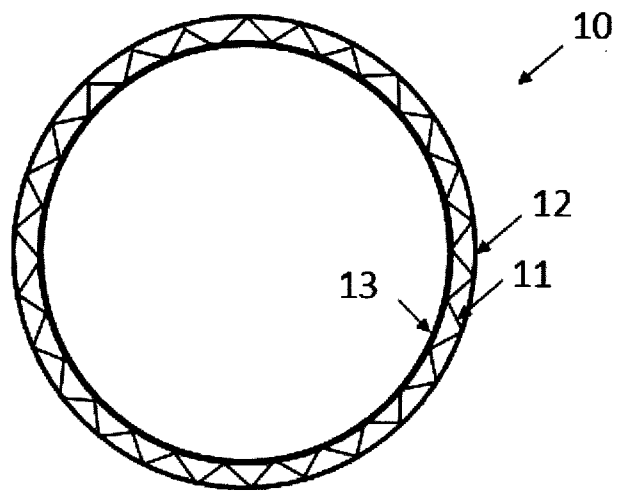


FIGURA 1

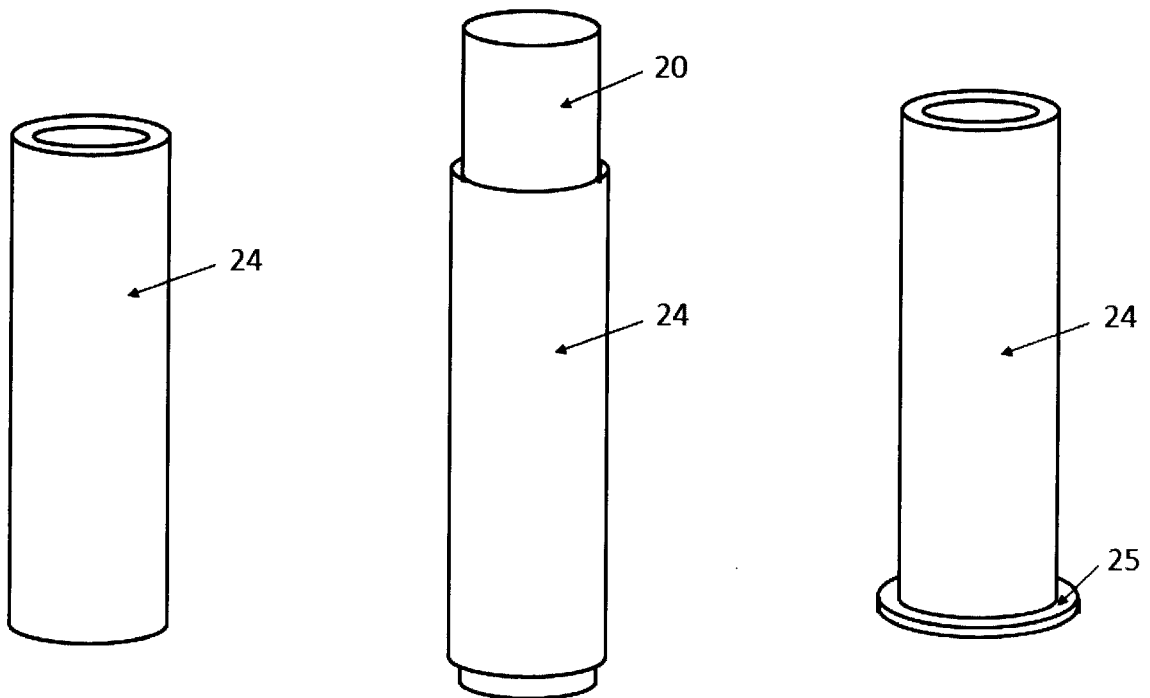


FIGURA 2



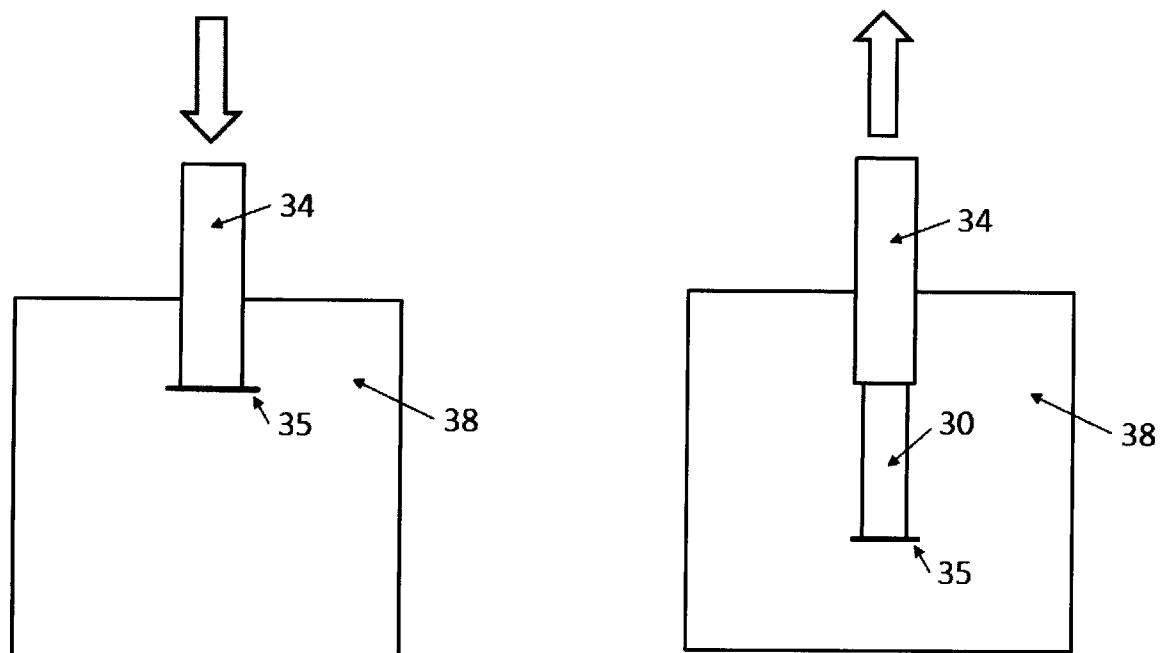


FIGURA 3

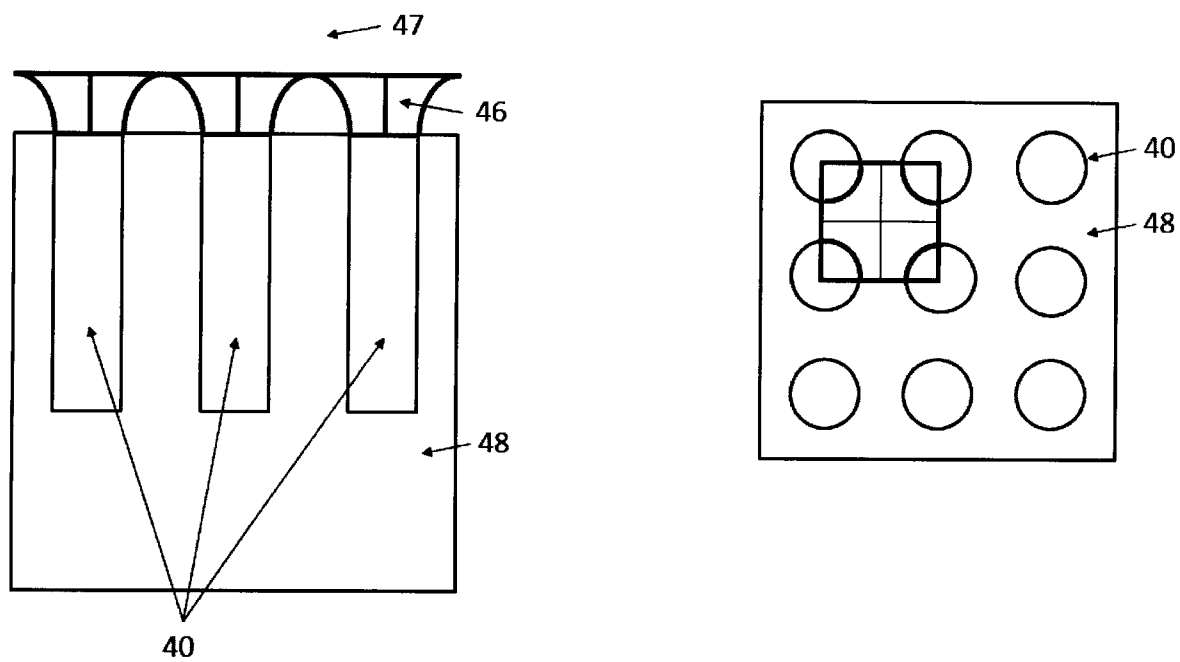


FIGURA 4

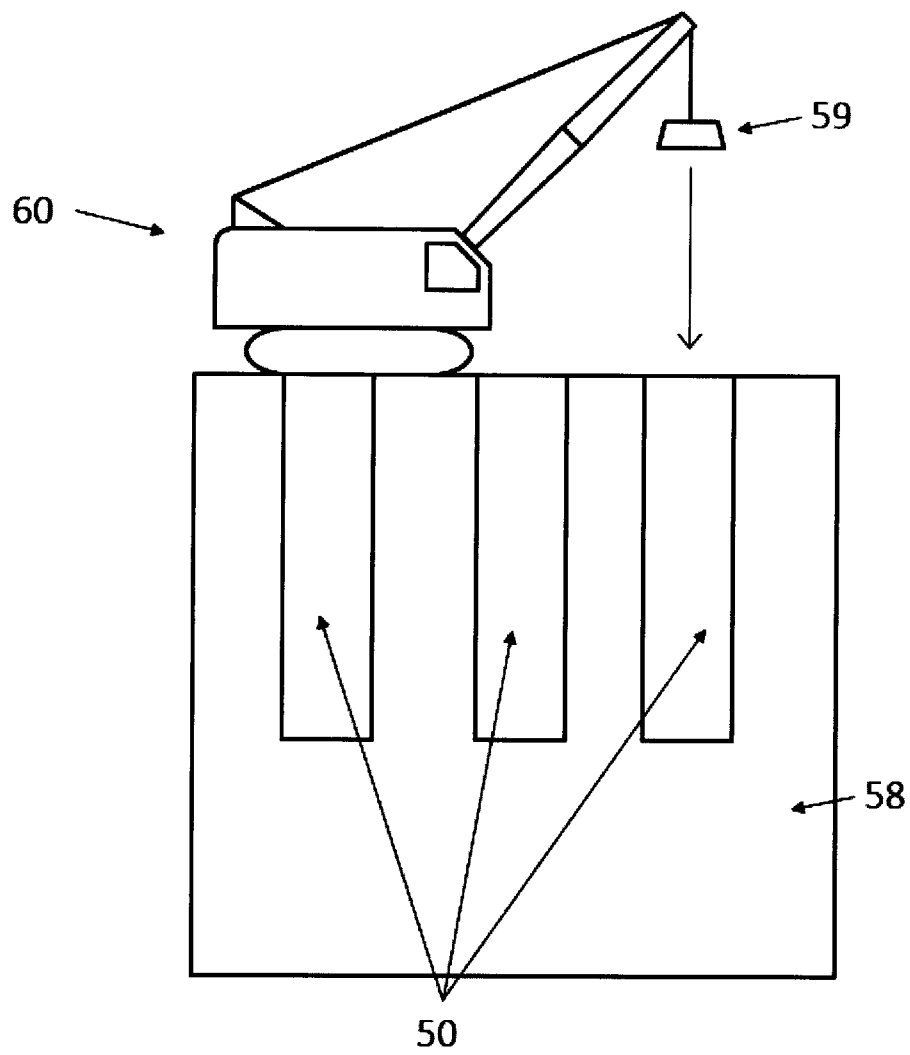


FIGURA 5

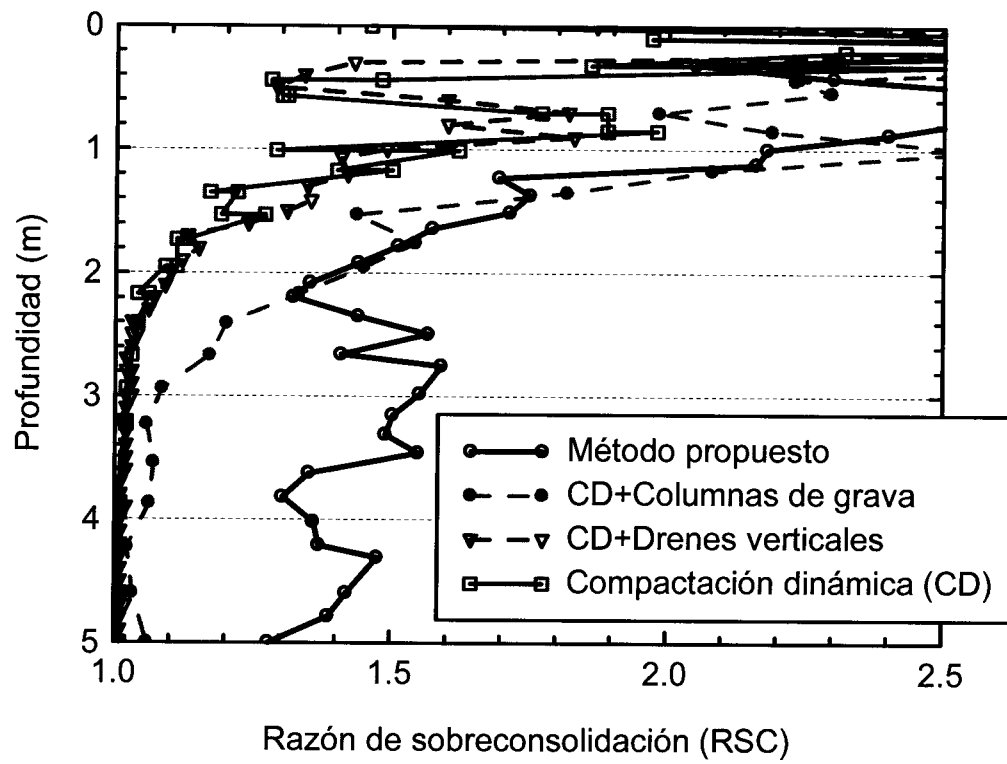


FIGURA 6



- ②① N.º solicitud: 201500639  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 01.09.2015  
③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 0822295 A1 (KIM JONG CHUN) 04.02.1998, páginas 2-5; figuras.	1-15
A	US 2005025582 A1 (IANNIELLO PETER J) 03.02.2005, párrafos [11-73]; figuras.	1-15
A	JP 2004044224 A (NISHIMATSU CONSTR CO LTD et al.) 12.02.2004, figuras & Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE; AN 2004-334053.	1-15
A	JP 2015052253 A (ICG CO LTD et al.) 19.03.2015, figuras & Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE; AN 2015-198678.	1-15
A	JP S57172024 A (SUGANO MORIO) 22.10.1982, figuras & Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE; AN 1982-03460J.	1-15

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
29.02.2016

Examinador  
M. B. Castañón Chicharro

Página  
1/4

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**E02D3/00** (2006.01)**E02D3/02** (2006.01)**E02D3/10** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

E02D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.02.2016

**Declaración****Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 1-15  
Reivindicaciones

SI  
NO

**Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)**

Reivindicaciones 1-15  
Reivindicaciones

SI  
NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	EP 0822295 A1 (KIM JONG CHUN)	04.02.1998
D02	US 2005025582 A1 (IANNIELLO PETER J)	03.02.2005
D03	JP 2004044224 A (NISHIMATSU CONSTR CO LTD et al.)	12.02.2004

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El objeto técnico de la invención, es un Dispositivo y Método de mejora de terreno blando.

El inventor pretende ofrecer una solución a la Mejora de terrenos blandos, que sea efectiva y competitiva en coste y tiempo empleado en alcanzar la capacidad portante requerida.

Para ello propone el empleo de un elemento cilíndrico hueco, compuesto por una geored recubierta interior y exteriormente por superficies geosintéticas, destinado a ser insertado en suelo blando, de forma que quede confinado en su interior el suelo blando a mejorar.

Sobre el terreno blando confinado, se aplica una sobrecarga puntual, que da lugar a la compactación del mismo y mejora de su capacidad portante.

Para la inserción del citado elemento hueco, se emplea un cilindro de doble pared en el que se introduce el elemento cilíndrico de refuerzo. La inserción en el terreno es por hincas, posteriormente se retira el cilindro de doble pared, quedando insertado en el terreno el elemento hueco de refuerzo.

La solicitud comprende 15 reivindicaciones, siendo la 1 y la 8 independientes y el resto dependientes.

La reivindicación 1 recoge las características técnicas esenciales del elemento hueco.

Las reivindicaciones 2-7, constituyen opciones de diseño.

La reivindicación 8, recoge las características técnicas esenciales del Método de mejora, empleando el elemento de la reivindicación 1.

La reivindicación 9, se refiere al empleo de cilindro hueco de doble pared para su inserción.

La reivindicación 10, se refiere a chapa anular de anclaje.

Las reivindicaciones 11-14, constituyen alternativas de ejecución de sobrecarga puntual.

La reivindicación 15, recoge operaciones finales del Método.

De los documentos citados en el Informe del Estado de la Técnica, cabe citar:

El documento EP0822295 (D01), divulga un elemento hueco (20) configurado para ser insertado en terreno blando, constituido por malla y abierto por su extremo inferior, siendo insertado mediante el cilindro hueco (10).

Sin embargo, el elemento hueco (20) se rellena de arena, no quedando relleno del material blando a reforzar.

El documento US2005025582 (D02), divulga una estructura formada por un núcleo que es una geomalla, recubierta en ambas caras por geotextil, susceptible de adoptar forma cilíndrica (Ver resumen WPI; párrafo 15), destinada a refuerzo de terrenos, ofreciendo capacidad drenante.

Sin embargo, no cita que se inserte quedando confinado en su interior el suelo blando a reforzar, ni que esté abierto por el extremo inferior.

El documento JP2004044224 (D03), divulga un elemento hueco cilíndrico (1) abierto por su extremo inferior, que se introduce en terreno blando (Ver fig.6), que comprende núcleo drenante (2) recubierto por capas (3a, 3b) filtrantes exterior e interior, realizando la capa (3b) además función de compactación.

Sin embargo, el elemento (1) una vez introducido en el terreno, no queda confinado en su interior el suelo blando a reforzar. (Ver Fig.6)

Ningún documento citado en el Informe del Estado de la Técnica, cuestiona ya sea de forma aislada o combinada la novedad y actividad inventiva de las reivindicaciones independientes 1 y 8, ni por lo tanto, de las dependientes. (Art. 6 y 8 de la Ley de Patentes 11/1986)

Conclusión:

Las reivindicaciones 1-15 son nuevas y poseen actividad inventiva. (Art. 6 y 8 de la Ley de Patentes 11/1986)